Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 2, December 2024, pp. 215-231
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱٤۰۳، ص. ۲۳۱-۲۱۵
نوع مقاله: پژوهشی

https://doi.org//10.22067/ijpr.2024.84718.1067

Reaction of Morphological Traits and Yield Components of Guar Plant (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in Different Planting Dates and Zinc Sulfate Levels in Khorramabad region

Behrooz Mirderigvand[1]*, Seyedeh Hadis Shahrokhi[2], Masoumeh Amini[3]

Received: 03-11-2023
Revised: 23-04-2024
Accepted: 25-05-2024
Available Online: 03-11-2024

Cite this article:
Mirderigvand, B., Shahrokhi, S. H., & Amini, M. (2024). Reaction of morphological traits and yield components of guar plant (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in different planting dates and zinc sulfate levels in Khorramabad region. *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(2), 215-231. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.84718.1067

Introduction
Guar is a one-year plant from the Fabaceae family and tolerates dry and salty conditions, and therefore can be used as a high potential for production. The planting date is one of the most critical factors in the cultivation and production of crops. This is especially important for plants being introduced for cultivation in a region for the first time, as research on the optimal planting date for that area is essential. Mineral nutrition of agricultural plants is one of the most important aspects of production, and among the micronutrient elements, zinc has a fundamental role in the catalytic activities of proteins and enzymes involved in biological processes in growing plants. Facilitating the activity of many enzymes in the plant depends on the presence of appropriate amounts of zinc. Considering the research gap related to the effect of planting date and application of zinc sulfate in the study area and in order to compare with other different regions of the country, as well as the importance and development of new plant cultivation in the country, this research was carried out.

Materials and Methods
To investigate the response of morphological traits and yield components of guar plant (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) on different planting dates and zinc sulfate levels in the KhorramAbad region in the 2020 crop year, was carried out. This experiment was carried out as a split plot in the form of a basic design of randomized complete blocks with three replications. In the main plots, the planting date factor was set at three levels (including May 1, 20, and June 10), and in the secondary plots, zinc sulfate foliar treatments were applied at four levels: zero, 20, 40, and 60 kg per hectare of zinc sulfate applied. The amount of zinc sulfate in each plot was mixed with soil based on the treatment levels and the area of each plot. According to the test results, the soil was not deficient in phosphorus and potassium elements, so only urea fertilizer was used.

Results and Discussion
The results showed that the effect of planting date, zinc sulfate, and their interaction on plant height traits, the number of sub-branches per plant, leaf dry weight, and specific leaf surface area were significant. Also, the effect of planting date and zinc sulfate on the number of pods per m^2, grain yield, and leaf area index were significant. Planting guar on June 10 resulted in the highest number of pods per m^2 (1998.6 pods) and the number of seeds per m^2 (13920 seeds), and on the other hand, despite the positive correlation between them and seed yield, the highest seed yield on this date, 3889.7 kg per hectare was planted. The highest number of leaves per plant (846.75 leaves) and leaf area index (6.02) were obtained on the planting date of June 10 and with the application of 60 kg per hectare of zinc sulfate (689.44 leaves and 5.43, respectively). The highest amount of dry weight of leaves per plant in the treatment of application of 20 kg.ha^{-1} of zinc sulfate was 21.08 grams and the highest specific surface area of guar leaf was obtained on the planting date of May 20 and in the treatment of no application of zinc sulfate (0.47). The presence of a positive correlation between growth characteristics, yield components, and leaf characteristics with grain yield also indicated the positive

1- Ph.D., Lorestan Province Agricultural Jihad Organization, Khorramabad, Iran.
2- Ph.D. Student, Department of Water Engineering, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
3- M.Sc., Department of Biotechnology, Ramin Ahvaz University, Ahvaz, Iran.
* Corresponding Author: Hbehroozmir@gmail.com

effect of zinc sulfate application and planting date of 10 June in increasing these characteristics and as a result increasing grain yield.

Conclusions

With the delay in planting and the application of zinc sulfate fertilizer, which led to an increase in the grain yield components in the guar plant, the grain yield also increased. According to the results of this study, it can be said that to achieve the maximum seed yield in the guar plant in the Khorramabad region, this plant can be cultivated on the planting date of 10 Khordad. Also, considering that there was no significant difference in terms of grain yield among the different levels of zinc sulfate application, in order to achieve the highest grain yield with the lowest amount of cost, it is possible to use 20 kg of zinc sulfate per hectare.

Keywords: Chlorophyll, Grain performance, Leaf surface index, Spraying

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱۴۰۳، ص. ۲۳۱-۲۱۵
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 2, December 2024, pp. 215-231
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org//10.22067/ijpr.2024.84718.1067

عکس‌العمل صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد گیاه گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) در تاریخ کاشت‌های متفاوت و سطوح سولفات روی در منطقه خرم آباد

بهروز میر دریگوند[1]*، سیده حدیث شاهرخی[2]، معصومه امینی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۵

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و کاربرد سطوح مختلف سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گوار، آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی مرکز خرم آباد در سال زراعی ۱۳۹۹ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل، کرت‌های اصلی سه تاریخ کاشت (۱ و ۲۰ اردیبهشت و ۱۰ خرداد) و در کرت‌های فرعی نیز محلول‌پاشی سولفات روی در چهار سطح (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی) به‌صورت خاک-کاربرد قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر تاریخ کاشت، سولفات روی و اثر متقابل آن‌ها بر صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، وزن خشک برگ و سطح ویژه برگ معنی‌دار شد. همچنین اثر تاریخ کاشت و سولفات روی بر صفات تعداد غلاف در مترمربع، عملکرد دانه و شاخص سطح برگ معنی‌دار شد. کاشت گوار در تاریخ ۱۰ خرداد منجر به بیشترین تعداد غلاف در مترمربع (۱۹۹۸/۶ غلاف) و تعداد دانه در مترمربع (۱۳۹۲۰ دانه) گردید و از طرفی، با وجود همبستگی مثبت بین آن‌ها با عملکرد دانه، سبب شد که بالاترین میزان عملکرد دانه در این تاریخ کاشت به‌میزان ۳۸۸۹/۷ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید. براساس این نتایج، مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه با مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و تاریخ کاشت ۱۰ خرداد به‌دست آمد و می‌توان این تیمار را به‌عنوان توصیه کاربردی برای کاشت گوار در منطقه در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، کلروفیل، محلول‌پاشی

مقدمه

گوار با نام علمی *Cyamopsis tetragonoloba* L. گیاهی یک ساله از خانواده بقولات و متحمل به شرایط خشک و شور است، بنابراین می‌تواند از آن به‌عنوان پتانسیل بالایی برای تولید دانه استفاده نمود (Dadgar et al., 2021; Garcia et al., 2023). هند، پاکستان، آمریکا، استرالیا و چندین کشور آفریقایی از بیشترین تولیدکنندگان گوار در جهان می‌باشند (Dadgar et al., 2021). طی چند سال اخیر در بعضی از نقاط کشور، سطح زیر کشت گوار افزایش پیدا کرده است. گوار را می‌توان به‌منظور علوفه یا دانه کشت کرد. صمغ گوار که تقریباً ۳۷ درصد آندوسپرم را تشکیل می‌دهد، به‌عنوان یک عامل تثبیت‌کننده در فرآیندهای مختلف فرآوری مواد غذایی، دارویی و صنعتی عمل می‌کند (Mudgil et al., 2014). این گیاه زراعی با عادت رشدی سریع، نیاز آبی نسبتاً کم و تحمل خوب در برابر تنش کم‌آبی، گزینه مناسبی برای تولید دانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران به نظر می‌رسد و برای برقراری یک نظام زراعت کم نهاده قابل استفاده است (Gendy et al., 2013). با توجه به توانایی تثبیت زیستی نیتروژن، گوار مانند اکثر بقولات یک‌ساله، گیاه مناسبی جهت بهبود حاصلخیزی خاک محسوب می‌شود و ازاین‌رو در تناوب با غلات و گیاهان دانه روغنی که نیاز نیتروژنی بالایی دارند، قابل توصیه است (Kalyani, 2012).

تاکنون تحقیقات اندکی در مورد گیاه گوار و به‌خصوص تاریخ کاشت این گیاه در ایران انجام شده است و معرفی آن برای شروع کشت‌وکار در کشور نیاز به بررسی تأثیر عواملی مانند زمان کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و کیفیت محصول در هر منطقه دارد. اصولاً زمان کاشت هر گیاه زراعی با توجه به رقم مورد نظر برای کشت متفاوت است، علاوه‌براین تعیین بهترین زمان کاشت برای ارقام اصلاح‌شده و در دست معرفی و

۱- دکتری، سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان، خرم آباد، ایران.
۲- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
۳- کارشناس ارشد، گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه رامین اهواز، اهواز، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Hbehroozmir@gmail.com)

اطلاع از رشد، عملکرد و کیفیت آن‌ها در زمان‌های مختلف کاشت، ضروری است (Mehdipour Afra et al., 2019). تاریخ کاشت، رسیدگی محصول گوار را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر این اساس، بالا بودن میانگین دمای هوا در طول فصل رشد، طول روزهای بلند و آب‌وهوای خشک، باعث افزایش سرعت فتوسنتز، افزایش زیست‌توده و عملکرد دانه گوار می‌شود. ترکیب اثر منفی دماهای پایین، رطوبت بالا و طول روز کوتاه در کشت‌های تأخیری، باعث کاهش عملکرد دانه گوار خواهد شد، درحالی‌که دماهای بالا و طول روز بلند باعث رشد سریع و افزایش عملکرد دانه گوار در کشت‌های زودهنگام می‌شود (Sudhir et al., 2015). تغذیه معدنی گیاهان زراعی از مهم‌ترین جنبه‌های تولید است و در بین عناصر ریزمغذی، عنصر روی دارای نقش اساسی در فعالیت‌های متابولیکی مانند کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، اسیدهای نوکلئیک و سنتز پروتئین در فرایندهای زیستی گیاهان است (Ghadirnezhad Shiade et al., 2023). به عقیده مانیوسیگپرومال (Manivasagaperumal, 2011) تسهیل فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها در گیاه وابسته به وجود مقادیر مناسبی از عنصر روی است. به‌علاوه، عنصر روی در جهت رشد نرمال گیاه، بیوسنتز تنظیم‌کننده‌های رشد از قبیل اکسین در جهت افزایش تولید سلول‌های گیاهی و زیست‌توده گیاهی و در نهایت، عملکرد نهایی دانه مورد نیاز گیاه است (Sunil et al., 2017). با توجه به خلأ تحقیقاتی در ارتباط با اثر تاریخ کاشت و کاربرد سولفات روی در منطقه مورد مطالعه و به‌جهت مقایسه با سایر مناطق مختلف کشور و همچنین اهمیت و توسعه کشت گیاهان جدید در کشور این پژوهش اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی واقع در جنوب خرم آباد در سال زراعی ۱۴۰۰- ۱۳۹۹ اجرا گردید. محل آزمایش در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳ دقیقه و ارتفاع ۱۱۱۷ متر از سطح دریا با بارندگی سالیانه ۵۲۴ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد با اقلیم نیمه‌خشک بود. در جدول ۱ نیز اطلاعات هواشناسی منطقه مورد مطالعه از قبیل میانگین بارش، میانگین حداقل و حداکثر دما در شش ماهه فصل رشد گیاه گوار نشان داده شده است. در این مطالعه، از عمق کاشت ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه یک نمونه مخلوط تهیه و به آزمایشگاه خاک مرکز تحقیقات کشاورزی استان لرستان ارسال گردید و نتایج حاصل از آنالیز خاک در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی منطقه مورد کشت در شش ماهه فصل رشد گیاه گوار

Table 1- Meteorological information of the cultivated area in the six months of the growing season of the guar plant

ماه Month	میانگین حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Average minimum temperature (°C)	میانگین بارش (میلی‌متر) Average rainfall (mm)	میانگین حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Average maximum temperature (°C)
فروردین April	6.35	114	19.75
اردیبهشت May	10.16	36.12	27.1
خرداد June	15.31	0	36.14
تیر July	18.68	0	38.29
مرداد August	19.89	7.74	39.4
شهریور September	16.38	0	36.88

این مطالعه به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش، در کرت‌های اصلی، فاکتور تاریخ کاشت در سه سطح (شامل ۱ اردیبهشت، ۲۰ اردیبهشت و ۱۰ خرداد ماه) قرار داشت و در کرت‌های فرعی، تیمار سولفات روی در چهار سطح شامل صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار (مقادیر خالص کود سولفات روی به‌ترتیب حاوی صفر، ۶/۸، ۱۳/۶ و ۲۰/۴ کیلوگرم روی بود) به‌صورت خاک‌کاربرد بود. کود سولفات روی ۳۴ درصد بود. مقادیر سولفات روی در هر کرت به‌صورت جداگانه و بر مبنای سطوح تیماری و مساحت هر کرت با خاک مخلوط

شد. با توجه به نتایج آزمایش، خاک از نظر عناصر فسفر و پتاسیم کمبود نداشت و لذا، فقط از کود اوره استفاده شد. در تیمارهای حاوی کود، نیتروژن در طی دو مرحله به‌صورت ۵۰ درصد قبل از کاشت و ۵۰ درصد به‌صورت سرک استفاده شد. کود سولفات روی قبل از کاشت در هر کرت با خاک مخلوط شد. هر کرت شامل هشت خط کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به‌طول چهار متر بود. بنابراین، ابعاد هر کرت ۲/۴×۴ متر بود. فاصله بین دو کرت اصلی ۱۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌های فرعی ۶۰ سانتی‌متر بود. تراکم کاشت ۹۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد (Ahmadi Nouraldinvand et al., 2020).

برداشت نهایی پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها از هر کرت نیم متر به‌عنوان حاشیه از هر دو طرف کرت حذف‌شده انجام شد. در این زمان، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت انتخاب و ویژگی‌هایی چون تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در مترمربع و تعداد دانه در غلاف اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، کلیه بوته‌های موجود در مساحت یک مترمربع میانی از هر کرت با حذف اثر حاشیه برداشت شد.

برای تعیین شاخص سطح برگ، پس از جدا کردن برگ‌ها، از همه برگ‌های نمونه در هر کرت تصویربرداری شد و با انتقال تصاویر به کامپیوتر و با استفاده از برنامه پردازش تصویر دیجی‌مایزر (DIGIMIZER V. 9.2) مساحت برگ‌های ۱۰ بوته محاسبه شد. در نهایت، با تقسیم مساحت برگ‌ها بر زمین اشغال‌شده توسط ۱۰ بوته شاخص سطح برگ بر اساس معادله ۱ محاسبه شد.

معادله (۱) $LAI = LA/GA$

که در آن، LA: مساحت برگ‌های بوته‌ها و GA: مساحت زمین اشغال‌شده توسط بوته‌های نمونه‌برداری شده می‌باشد.

سطح ویژه برگ‌ها، عبارت است از نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ با واحد سانتی‌مترمربع بر گرم (Chogatapur et al., 2017).

(وزن خشک برگ‌ها / سطح برگ) = سطح ویژه برگ (SLA)

جهت محاسبات آماری در این مطالعه از نرم‌افزارهای SAS 9.3 و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شدند.

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمون خاک در منطقه خرم آباد

Table 2- Results of soil test in KhorramAbad region

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Sampling depth (cm)	pH	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر) EC (mmohs.cm^{-1})	سختی کل آب (میلی‌گرم بر لیتر) Total dissolved solid (mg.l^{-1})	درصد ذرات خاک The percentage of soil particles: رس Clay	لای Silt	شن Sand	بافت Texture
0-30	7.75	0.59	28.1	39	43	18	لومی سیلتی رسی Clay silty loam

درصد کربن آلی Percentage of organic carbon	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب (ppm) Absorbable phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm) Absorbable potassium (ppm)	آهن قابل جذب (ppm) Absorbable iron (ppm)	روی قابل جذب (ppm) Absorbable zinc (ppm)	مس قابل جذب (ppm) Absorbable copper (ppm)
1.50	0.07	14.9	360	8.24	0.68	1.51

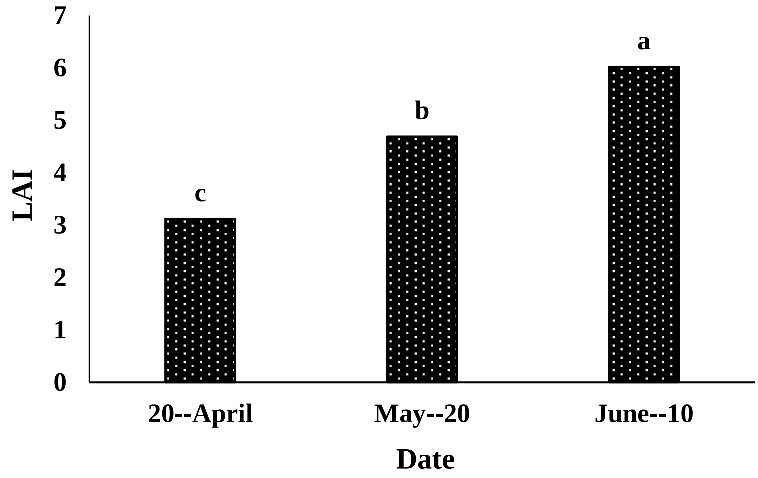
نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمار تاریخ کاشت و سولفات روی در سطح یک درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین، شاخص سطح برگ گیاه گوار با تأخیر در کاشت افزایش یافت، به‌طوری‌که در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد، بالاترین میزان شاخص سطح برگ گوار به‌میزان ۶/۰۲ حاصل گردید و این تاریخ کاشت نسبت دو تاریخ کاشت دیگر از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار بود. همچنین کمترین میزان شاخص سطح برگ به‌میزان ۳/۱۲ در تاریخ کاشت ۱ اردیبهشت حاصل شد و این تیمار با تیمار تاریخ کاشت ۱۰ خرداد و ۲۰ اردیبهشت (۴/۶۹) دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود (شکل ۱). در این مطالعه، تأخیر در کاشت تا ۱۰ خرداد منجر به بالاترین میزان شاخص سطح برگ و در نتیجه، عملکرد بالاتر شد. در مطالعه‌ای که حیدرزاده و همکاران (Heydarzade et al., 2022) روی گیاه گوار انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بذرهای

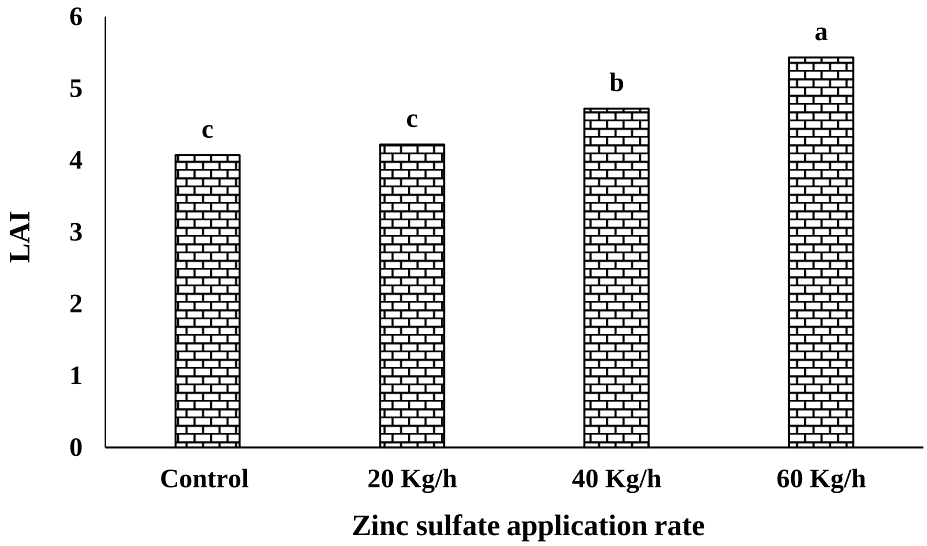
گوار در تاریخ کاشـت ۵ خـرداد از نظـر رشـد، جوانـه‌زنـی و در نتیجه، تشکیل اندام‌های حیاتی گیاه دارای برتری می‌باشند.

شاخص سطح برگ در گیاه گـوار تحـت اثـر تیمـار کـاربرد سولفات روی قرار گرفت و مشخص شد که کاربرد سولفات روی تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار، میزان شاخص سطح برگ گیاه گوار را افـزایش داد. همچنـین نتـایج نشـان داد کـه کمتـرین میـزان شاخص سطح برگ به‌مقدار ۴/۰۷ در شاهد حاصـل شـد و ایـن تیمار به‌جز تیمار کاربرد ۲۰ کیلـوگرم در هکتـار سـولفات روی (۴/۲۲) بـا سـایر تیمارهـای آزمـایش دارای اخـتلاف آمـاری معنی‌دار بود (شکل ۲). محققان نیز در مطالعـه خـود، افـزایش میزان شاخص سطح برگ گندم (*Triticum aestivum* L.) در اثر کاربرد سولفات روی را گزارش نمودند (Kamai et al., 2018) و عنوان داشتند که روی یک عنصـر غـذایی ضـروری کم‌مصـرف برای گیاهان است که نقش بسیار مهمـی در سـنتز پـروتئین و کربوهیدرات‌ها، اعمـال متـابولیکی سـلول، محافظـت غشـاء در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن و افزایش شاخص سطح برگ را دارا است.



شکل ۱- اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر شاخص سطح برگ

Fig. 1- The effect of different planting dates on leaf area index



شکل ۲- اثر مقادیر کاربرد سولفات روی بر شاخص سطح برگ

Fig. 2- The effect of zinc sulfate application on leaf area index

جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات برگ گوار تحت تأثیر تیمارهای تاریخ کاشت و سولفات روی

Table 3- Analysis of variance for guar leaf characteristics under the influence of planting date and zinc sulfate treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares: شاخص سطح برگ (LAI) Leaf area index (LAI)	سطح ویژه برگ (SLA) Specific surface area (SLA)	وزن خشک برگ‌های بوته Dryweight of plant leaves	ارتفاع بوته high plant	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of sub-branches per plant	تعداد غلاف در مترمربع Number of pods per m^2	تعداد دانه در مترمربع Number of $grains.m^{-2}$	تعداد دانه در غلاف Number of seeds in a pod	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Repetition	2	0.15	0.0013	3.43	1.08	1.33	382699	11862586	0.054	3256
تاریخ کاشت (D) Planting date (D)	2	25.18**	0.0027**	321**	672.25*	162.75**	1313903**	139814621*	14.589*	15829508**
خطای کرت اصلی (Ea) Original plot error (Ea)	4	0.1	0.0006	2.62	53.33	1.7	120165	10739845	1.072	577926
سولفات روی (S) Zinc sulfate (S)	3	3.37**	0.0038 ns	23.62**	65.96*	10.99**	50165*	4154217 ns	0.619 ns	629931*
D×S	6	0.1 ns	0.0091**	18.68**	55.21**	2.26*	6751 ns	2093941 ns	0.709 ns	39886 ns
خطای کرت فرعی (Ea) Sub-plot error (Ea)	16	0.1	0.0017	1.06	13.32	0.73	13105	2015010	0.318	165286
ضریب تغییرات (٪) c.v (%)	-	6.89	12.95	6.74	3.26	6.29	6.8	14.35	10.2	16.31

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

* and **: significant at the 5% and 1% level, respectively

سطح ویژه برگ (SLA)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار تاریخ کاشت و سولفات روی در سطح یک درصد بر سطح ویژه برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). سطح ویژه برگ گوار نیز تحت تأثیر متقابل تاریخ کاشت و کاربرد سولفات روی قرار گرفت. در سطح تیمار کاربرد ۰، ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، بیشترین میزان سطح ویژه برگ در تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت به‌دست آمد، درحالی‌که در سطح کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، کمترین میزان سطح ویژه برگ در تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت به‌دست آمد. طبق این نتایج مشخص شد که بیشترین میزان سطح ویژه برگ گوار در تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت و در تیمار عدم کاربرد سولفات روی (۰/۴۷) به‌دست آمد و این تیمار با سایر تیمارهای آزمایش دارای اختلاف آماری معنی‌داری بود. همچنین نتایج نشان داد که کمترین میان سطح ویژه برگ (۰/۲۶) در تاریخ کاشت ۱ اردیبهشت با کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد با کاربرد ۲۰ کیلوگرم و عدم کاربرد سولفات روی به‌دست آمد (جدول ۴).

سطح ویژه برگ (SLA) در واقع بیانگر ضخامت برگ بوده که تحت تأثیر عوامل مدیریتی، فراهمی آب و شرایط آب‌وهوایی گیاه ممکن است متغیر باشد و همچنین شرایط تغذیه‌ای گیاه ممکن است بر SLA اثر بگذارد (Amanullah et al., 2007). در مطالعه‌ای بر روی گیاه لوبیا گزارش شد که کاربرد سولفات روی منجر به افزایش سطح برگ ویژه در این گیاه شده است که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت (Yadavi et al., 2014). در مطالعه محققان نیز مشخص شد که شاخص‌های رشدی گیاه گوار تحت تأثیر کاربرد کود روی قرار گرفتند (Anuradha et al., 2017). سطح ویژه برگ از خصوصیاتی بود که در مطالعه چودهری و همکاران (Choudhary et al., 2006) تحت تأثیر کاربرد سولفات روی قرار گرفت و مشخص شد که کاربرد سولفات روی دارای اثر منفی بر سطح ویژه برگ گیاه گوار بود.

وزن خشک برگ در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار تاریخ کاشت و سولفات روی در سطح یک درصد بر وزن خشک برگ در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که اثر متقابل تیمارهای تاریخ کاشت و کاربرد مقادیر مختلف سولفات روی بر میانگین وزن خشک برگ‌ها در بوته گوار معنی‌دار شد. طبق این نتایج، تأخیر در کاشت منجر به افزایش وزن خشک برگ در بوته گوار شد. همچنین نتایج نشان داد که در دو تاریخ کاشت ۱ و ۲۰ اردیبهشت، افزایش کاربرد سولفات روی منجر به افزایش وزن خشک برگ در بوته شد، ولی در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد بین سطوح مختلف کاربرد سولفات روی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. بر این اساس، بالاترین میزان وزن خشک برگ در بوته در تیمار کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به‌میزان ۲۱/۰۸ گرم به‌دست آمد و این تیمار در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد با سایر تیمارهای کاربرد سولفات روی اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. همچنین کمترین میزان وزن خشک برگ در بوته در تیمار عدم کاربرد سولفات روی در دو تاریخ کاشت ۱ و ۲۰ اردیبهشت و به‌ترتیب با ۸/۳۵ و ۸/۲۰ گرم حاصل گردید و این دو تیمار با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند، ولی اختلاف آن‌ها با سایر تیمارهای آزمایش از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۵). در مطالعه‌ای روی گیاه گوار، وزن خشک برگ و بوته در تاریخ کاشت ۳۱ اردیبهشت بیشتر از سایر تاریخ‌های کاشت بود که دلیل آن را دریافت فتوپریود مناسب و دماهای مناسب جهت افزایش سنتز و تسهیم مواد فتوسنتزی عنوان داشتند (Mehdipour Afra et al., 2019). در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد کاربرد مقادیر مختلف سولفات روی اثر معنی‌داری بر افزایش وزن خشک برگ نداشت، درحالی‌که در دو تاریخ کاشت ۱ و ۲۰ اردیبهشت، کاربرد مقادیر مختلف سولفات روی وزن خشک برگ را نسبت به شاهد افزایش داد. این در حالی بود که در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد به‌دلیل مطلوب بودن شرایط رشد برای گیاه گوار، به حداکثر میزان رشد خود رسیده و افزایش کاربرد سولفات روی منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ در گیاه گوار نگردید.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار تاریخ کاشت و سولفات روی در سطح یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). ارتفاع بوته به‌عنوان یکی از صفات مورفولوژیکی گیاه گوار تحت تأثیر متقابل تاریخ کاشت و کاربرد مقادیر مختلف سولفات روی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که در تاریخ‌های کاشت ۱ و ۲۰ اردیبهشت، کاربرد مقادیر مختلف سولفات روی دارای اثر معنی‌دار در افزایش ارتفاع بوته بودند، درحالی‌که در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد، کاربرد مقادیر مختلف سولفات روی افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته ایجاد نکرد. همچنین نتایج نشان داد که با تأخیر در کاشت از ۱ اردیبهشت تا ۱۰ خرداد، میزان ارتفاع بوته نیز افزایش یافت، به‌طوری‌که بالاترین میزان ارتفاع بوته به‌مقدار ۱۲۰/۶۶ سانتی‌متر در تیمارهای کاربرد صفر و ۴۰ کیلوگرم در هکتار

سولفات روی و در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد حاصل شد. همچنین بر این اساس مشخص شد که تیمار عدم کاربرد سولفات روی و در تاریخ کاشت ۱ اردیبهشت سبب شد که کمترین میزان ارتفاع بوته گوار به‌میزان ۹۹ سانتی‌متر حاصل گردد (جدول ۶). ارتفاع بوته با تأخیر در کاشت افزایش یافته است و این افزایش در سطوح مختلف تیمار کاربرد سولفات روی مشاهده شد. در مطالعه‌ای که محققان بر روی دو اکوتیپ گوار داشتند، تأخیر در کاشت منجر به کاهش میزان ارتفاع بوته گردید (Mehdipour Afra, 2019)، به‌طوری‌که ارتفاع بوته در تاریخ کاشت ۱۵ تیر حدود ۵۰ درصد کمتر از تاریخ کاشت اوایل خرداد بود. آن‌ها دلیل بیشتر بودن ارتفاع بوته گوار در تاریخ کاشت اوایل خرداد را مطلوب بودن شرایط محیطی جهت رشد بیشتر گیاه گوار عنوان داشتند و بیان نمودند که تاریخ کاشت نامناسب با اثر بر خصوصیات رشدی گیاه منجر به کاهش میزان ارتفاع بوته گوار می‌گردد.

جدول ۴- میانگین سطح ویژه برگ گوار تحت تأثیر متقابل تیمارهای تاریخ کاشت و سولفات روی

Table 4- Average specific surface area of guar leaf under the mutual influence of planting date and zinc sulfate treatments

تاریخ کاشت **Planting date**	**مقدار کاربرد سولفات روی** **Application amount Zinc sulfate**			
	شاهد **Control**	**۲۰ کیلوگرم در هکتار** **20 kg per hectare**	**۴۰ کیلوگرم در هکتار** **40 kg per hectare**	**۶۰ کیلوگرم در هکتار** **60 kg per hectare**
۱ اردیبهشت April 20	0.32[cd*]	0.26[e]	0.3[cd]	0.35[c]
۲۰ اردیبهشت May 20	0.47[a]	0.36[c]	0.4[b]	0.28[d]
۱۰ خرداد June 10	0.26[e]	0.26[e]	0.29[d]	0.33[cd]

* میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون آماری دانکن در سطح پنج درصد می‌باشند.

* Means that have at least one similar letter have no significant difference based on Duncan's statistical test at the 5 percent level.

جدول ۵- میانگین وزن خشک برگ گوار تحت تأثیر متقابل تیمارهای تاریخ کاشت و سولفات روی

Table 5- The average dry weight of guar leaves under the mutual influence of planting date and zinc sulfate treatments

تاریخ کاشت **Planting date**	**مقدار کاربرد سولفات روی** **Application amount zinc sulfate**			
	شاهد **Control**	**۲۰ کیلوگرم در هکتار** **20 kg per hectare**	**۴۰ کیلوگرم در هکتار** **40 kg per hectare**	**۶۰ کیلوگرم در هکتار** **60 kg per hectare**
۱ اردیبهشت April 20	8.35[d]*	10.86[c]	10.52[c]	11.22[b]
۲۰ اردیبهشت May 20	8.2[d]	11.69[b]	12.66[b]	19.83[a]
۱۰ خرداد June 10	20.88[a]	21.08[a]	20.96[a]	20.35[a]

* میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون آماری دانکن در سطح پنج درصد می‌باشند.

* Means that have at least one similar letter have no significant difference based on Duncan's statistical test at the 5 percent level.

تعداد شاخه فرعی در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار تاریخ کاشت و سولفات روی در سطح یک درصد بر تعداد شاخه فرعی در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). در دو تاریخ کاشت ۱ و ۲۰ اردیبهشت، کاربرد مقادیر مختلف کود سولفات روی سبب شد که نسبت به تیمار عدم کاربرد سولفات روی اختلاف معنی‌داری وجود داشته باشد، درحالی‌که در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد، بین کاربرد و عدم کاربرد مقادیر مختلف سولفات روی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، هرچند که کاربرد سولفات روی سبب شد که تعداد شاخه فرعی در بوته نسبت به تیمار عدم کاربرد آن بیشتر گردد. همچنین نتایج نشان داد که تأخیر در کاشت سبب شد که تعداد شاخه فرعی در بوته نسبت به تیمار کاشت زودتر، افزایش بیشتری داشته باشد. بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته گوار در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد و به همراه

مصرف ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی به تعداد ۱۸ شاخه در بوته حاصل گردید و اختلاف این تیمار با سایر تیمارهای آزمایش به‌جز تیمار عدم کاربرد سولفات روی در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد (۱۷/۳۳) دارای اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون دانکن بود. تیمار عدم کاربرد سولفات روی در تاریخ کاشت ۱ اردیبهشت نیز دارای کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته به تعداد ۹/۶۶ شاخه در بوته بود (جدول ۷). تاریخ کاشت مناسب برای گیاه گوار تاریخی است که دماهای مطلوب رشد برای گیاه گوار با مراحل رشد رویشی این گیاه منطبق بوده و همچنین با افزایش میزان سنتز هورمون‌های رشد گیاهی و افزایش دسترسی به آب و مواد غذایی همراه با جذب بیشتر آن‌ها منجر به افزایش رشد رویشی و در نتیجه، افزایش تعداد شاخه فرعی در بوته گردد (Mehdipour Afra et al., 2019).

جدول ۶- میانگین ارتفاع بوته (سانتی‌متر) گوار تحت تأثیر متقابل تیمارهای تاریخ کاشت و سولفات روی

Table 6- Average plant height (cm) of guar under the mutual influence of planting date and zinc sulfate treatments

تاریخ کاشت Planting date	مقدار کاربرد سولفات روی Application amount zinc sulfate شاهد Control	۲۰ کیلوگرم در هکتار 20 kg per hectare	۴۰ کیلوگرم در هکتار 40 kg per hectare	۶۰ کیلوگرم در هکتار 60 kg per hectare
۱ اردیبهشت April 20	99[d]	113.33[b]	103[cd]*	111.33[b]
۲۰ اردیبهشت May 20	104.33[c]	106.66[c]	112[b]	110.66[b]
۱۰ خرداد June 10	120.66[a]	120.33[a]	120.66[a]	120[a]

* میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون آماری دانکن در سطح پنج درصد می‌باشند.

* Means that have at least one similar letter have no significant difference based on Duncan's statistical test at the 5 percent level.

جدول ۷- میانگین تعداد شاخه فرعی در بوته گوار تحت تأثیر متقابل تیمارهای تاریخ کاشت و سولفات روی

Table 7- The average number of sub-branches in guar plant under the mutual influence of planting date and zinc sulfate treatments

تاریخ کاشت Planting date	مقدار کاربرد سولفات روی Application amount zinc sulfate شاهد Control	۲۰ کیلوگرم در هکتار 20 kg per hectare	۴۰ کیلوگرم در هکتار 40 kg per hectare	۶۰ کیلوگرم در هکتار 60 kg per hectare
۱ اردیبهشت April 20	9.66[d]*	12[bc]	10[cd]*	13.66[b]
۲۰ اردیبهشت May 20	10[cd]	12[bc]	11.33[c]	13[b]
۱۰ خرداد June 10	17.33[a]	18[a]	18[a]	18[a]

* میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون آماری دانکن در سطح پنج درصد می‌باشند.

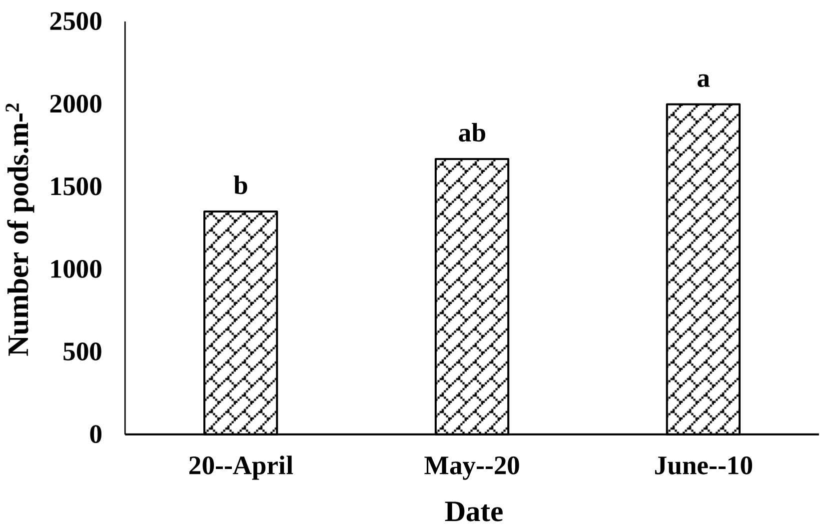
* Means that have at least one similar letter have no significant difference based on Duncan's statistical test at the 5 percent level.

تعداد غلاف در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمار تاریخ کاشت در سطح یک درصد و سولفات روی در سطح پنج درصد بر تعداد غلاف در مترمربع معنی‌دار بود (جدول ۳). تعداد غلاف در مترمربع تحت تأثیر تیمار تاریخ کاشت قرار گرفت و نتایج نشان داد که تأخیر در کاشت منجر به افزایش تعداد غلاف در مترمربع شد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد غلاف در مترمربع در گیاه گوار در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد به تعداد ۱۹۹۸/۶ غلاف در مترمربع حاصل شد و این تیمار با تیمار تاریخ کاشت ۲۰ اسفند (۱۶۶۷/۹ غلاف در مترمربع) اختلاف معنی‌داری نداشت. این در حالی بود که اختلاف این تیمار با تاریخ کاشت ۱۰ خرداد که دارای کمترین تعداد غلاف در مترمربع بود (۱۳۵۰ غلاف در مترمربع)، از نظر آماری معنی‌دار بود (شکل ۳). تأخیر در کاشت از ۱ اردیبهشت تا تاریخ ۱۰ خرداد منجر به افزایش

تعداد غلاف در مترمربع شد و بالاترین تعداد غلاف در مترمربع در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد حاصل گردید. در تاریخ‌های کاشت زودتر، شرایط جهت افزایش رشد و در نتیجه، افزایش سطح برگ و سنتز مواد فتوسنتزی مطلوب نبوده و در نتیجه آن، تعداد غلاف در مترمربع نیز کاهش یافت. محققان با بررسی گوار در تاریخ‌های مختلف کاشت (۲۲ اردیبهشت، ۵ خرداد، ۱۹ خرداد، ۲ تیر) در گیلان اظهار داشتند که بالاترین تعداد غلاف در بوته را در تاریخ کاشت ۵ خرداد به‌دست آوردند (Heydarzade et al., 2020) که تأییدکننده نتاج حاصل از این مطالعه است. در تاریخ کاشت ۱ و ۲۰ اردیبهشت گل‌دهی و تشکیل غلاف با دماهای نامطلوب جهت تشکیل گل و غلاف در گیاه گوار همراه بوده و در نتیجه، تعداد غلاف در واحد سطح نیز کاهش یافته است، ولی در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد گل‌دهی با دماهای مطلوب همراه بوده و در نتیجه، تعداد کمتری از گل‌ها سقط شده و منجر به افزایش تعداد غلاف در واحد سطح شده است. نتایج بیانگر این مطلب است که تأخیر بیش‌ازحد در کاشت گوار منجر به کاهش بیش‌ازحد تعداد غلاف در واحد سطح می‌گردد.

نتایج نشان داد که کاربرد مقادیر مختلف سولفات روی نیز دارای اثر معنی‌دار بر تعداد غلاف در مترمربع بودند، هرچند که کاربرد سولفات روی سبب شد که تعداد غلاف در مترمربع نسبت به تیمار عدم کاربرد آن افزایش معنی‌داری داشته باشد، ولی مشاهده شد که براساس آزمون دانکن بین سطوح مختلف سولفات روی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و بیشترین تعداد غلاف در مترمربع در تیمار کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به تعداد ۱۷۴۱/۷ غلاف در مترمربع به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که شاهد دارای کمترین تعداد غلاف در مترمربع به تعداد ۱۵۶۲/۱ غلاف در مترمربع بود و با سایر تیمارها دارای اختلاف آماری معنی‌داری بود (شکل ۴). کاربرد کود سولفات روی در همه سطوح منجر به افزایش تعداد غلاف در واحد سطح شد و این افزایش ناشی از افزایش تعداد واحدهای زایشی در هر بوته است. افزایش تعداد غلاف در بوته در گیاهان لگوم با کاربرد عنصر روی گزارش شده است (Yashona et al., 2018) که تأییدکننده نتایج حاصل از این مطالعه است.



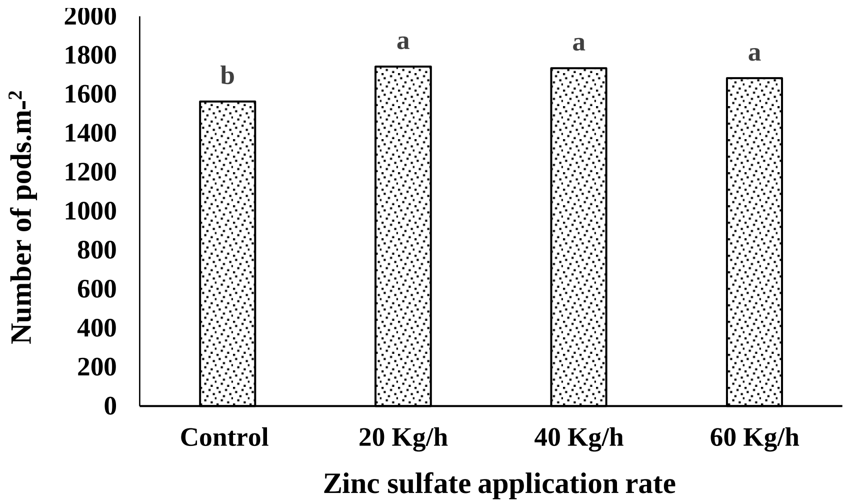
شکل ۳- میانگین تعداد غلاف گوار در مترمربع تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت

Fig. 3- The average number of guar pods per m^2 under the influence of different planting dates

تعداد دانه در مترمربع

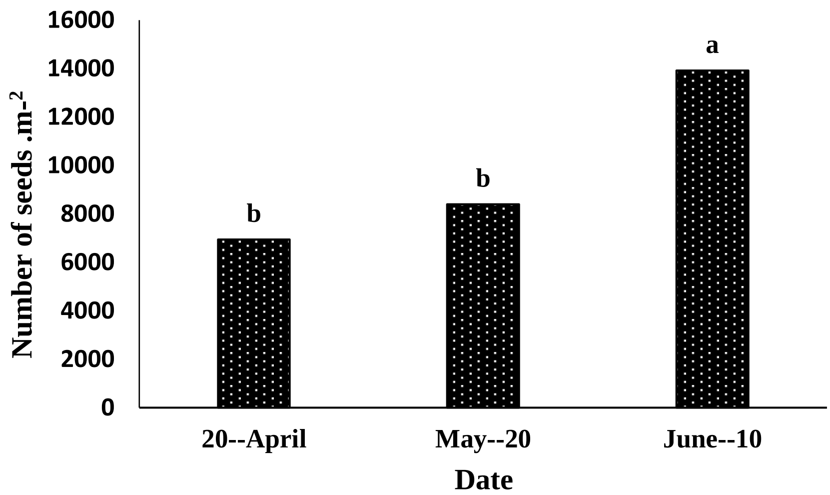
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمار تاریخ کاشت در سطح پنج درصد بر تعداد دانه در مترمربع معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش نشان داد که تأخیر در کاشت تا تاریخ ۱۰ خرداد سبب شد که تعداد دانه در مترمربع بیشتری تشکیل شده و بالاترین تعداد دانه در مترمربع در تیمار تاریخ کاشت ۱۰ خرداد به تعداد ۱۳۹۲۰ دانه در مترمربع حاصل شد و با دو تاریخ کاشت دیگر دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود. همچنین نتایج نشان داد که هرچند بین دو تاریخ کاشت ۱ و ۲۰ اردیبهشت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی کمترین تعداد دانه در مترمربع در تیمار تاریخ کاشت ۱ اردیبهشت به تعداد ۶۹۴۷ دانه در مترمربع به‌دست آمد، درحالی‌که تعداد دانه در مترمربع در تاریخ کاشت ۲۰ اسفندماه ۸۳۹۹ دانه در مترمربع بود (شکل

۵). در این مطالعه مشخص شد که تأخیر در کاشت تا ۱۰ خرداد سبب شد که بالاترین تعداد دانه در واحد سطح حاصل گردد و همچنین تاریخ کاشت ۱۰ خرداد دارای بالاترین تعداد دانه در واحد سطح بود. در مطالعه محققان نیز مشاهده شد که در تاریخ کاشت ۵ خرداد، گیاه گوار دارای بالاترین تعداد دانه در واحد سطح بود (Meftahizadeh & Asareh, 2019) که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت.



شکل ۴- میانگین تعداد غلاف گوار در مترمربع تحت تأثیر مقادیر مختلف کاربرد سولفات روی

Fig. 4- The average number of guar pods per m^2 under the influence of different amounts of zinc sulfate application



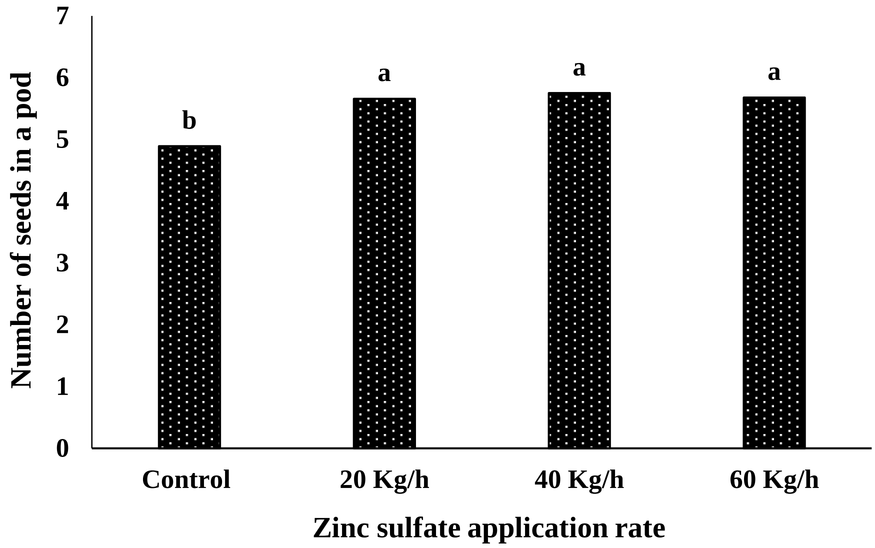
شکل ۵- میانگین تعداد دانه گوار در مترمربع تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت

Fig. 5- The average number of guar seeds per m^2 under the influence of different planting dates

تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمار سولفات روی در سطح پنج درصد بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد سولفات روی سبب شد که تعداد دانه در غلاف نسبت به عدم کاربرد آن افزایش یافته و بالاترین تعداد دانه در غلاف در تیمار کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به‌میزان ۵/۷۵ دانه در غلاف به‌دست آمد و بین سطوح مختلف سولفات روی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین بر طبق این نتایج مشخص شد که کمترین تعداد دانه در غلاف در تیمار عدم کاربرد سولفات روی به تعداد ۴/۸۹ دانه در غلاف به‌دست آمد (شکل ۶). تعداد دانه در غلاف در گیاه گوار تحت تأثیر کاربرد مقادیر مختلف سولفات روی افزایش یافت و مشخص شد که اختلاف کاربرد هر سه سطح از سولفات روی نسبت به تیمار عدم کاربرد

سولفات روی معنی‌دار بود. افزایش تعداد دانه در غلاف در برخی دیگر از لگوم‌ها در مطالعات مختلف گزارش شده است که دلیل آن، اثر این عنصر بر افزایش تعداد واحدهای زایشی و همچنین افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به این اندام‌ها عنوان شده است (Shah et al., 2016). محققان نیز در مطالعه خود، افزایش تعداد دانه در غلاف در اثر کاربرد سولفات روی را گزارش نمودند (Sunil et al., 2017) که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت.



شکل ۶- میانگین تعداد دانه در غلاف گوار تحت تأثیر مقادیر کاربرد سولفات روی

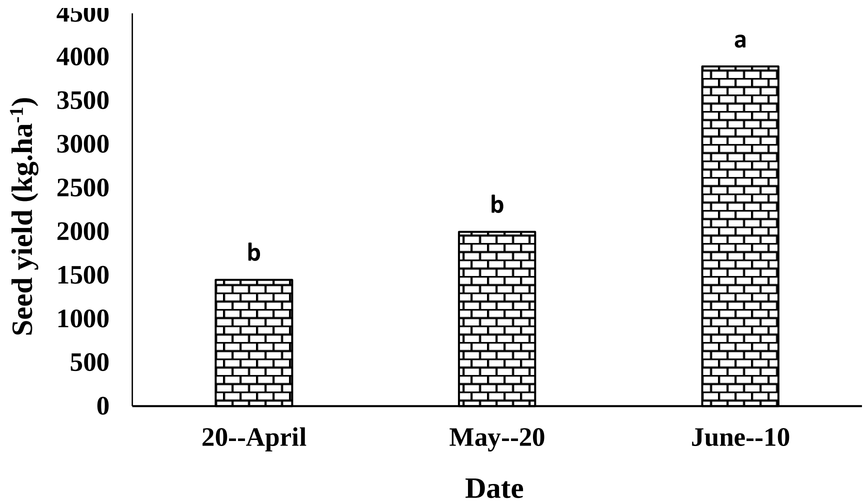
Fig. 6- The average number of seeds in guar pods under the influence of zinc sulfate application rates

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمار تاریخ کاشت در سطح یک درصد و سولفات روی در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که تأخیر در کاشت سبب شد که میزان عملکرد دانه افزایش یابد، به‌طوری‌که بالاترین میزان عملکرد دانه به‌میزان ۳۸۸۹/۷ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد حاصل شد و این تیمار با دو تاریخ کاشت دیگر اختلاف معنی‌داری داشت. همچنین نتایج نشان داد که میزان عملکرد دانه در دو تاریخ کاشت ۱ و ۲۰ اردیبهشت به‌ترتیب ۱۴۴۷/۷ و ۱۹۹۶/۵ کیلوگرم در هکتار بود و بین این دو تاریخ کاشت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۷). در این مطالعه، عملکرد دانه در گیاه گوار با تأخیر در کاشت افزایش یافته و تاریخ‌های کاشت ۱ و ۲۰ اردیبهشت ماه، عملکرد دانه کمتری نسبت به تاریخ کاشت ۱۰ خرداد داشتند. عملکرد بالای بذر در ۱۰ خرداد به‌دلیل بالا بودن پارامترهای رشدی و اجزای عملکردی و همچنین مصادف شدن دوره پرشدن دانه و رسیدگی در دمای هوای بهینه نسبت به دیگر تاریخ‌های کاشت بود. یکی دیگر از دلایل افزایش عملکرد دانه در تاریخ کاشت مطلوب، وجود برگ‌های عریض بیان شده است که می‌توانند در جذب تشعشات خورشیدی موثر واقع شوند (Heydarzade et al., 2020).

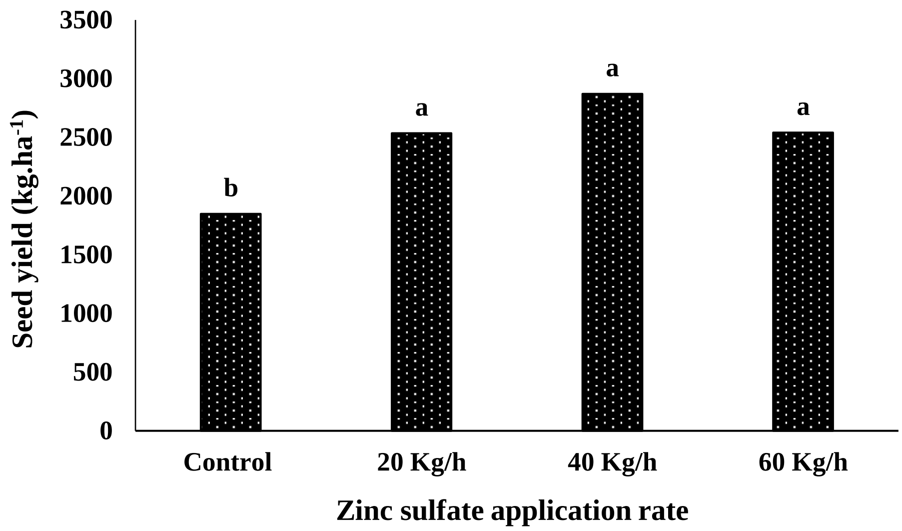
عملکرد دانه گیاه گوار تحت تأثیر تیمار کاربرد مقادیر مختلف سولفات روی قرار گرفت و بر طبق این نتایج مشخص شد که میزان عملکرد دانه در تیمار کاربرد مقادیر مختلف سولفات روی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد. بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه به‌ترتیب به‌میزان ۲۸۷۱/۶ و ۱۸۴۸/۷ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب مربوط به تیمار کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و عدم کاربرد سولفات روی بود، هرچند بین تیمار عدم کاربرد و کاربرد مقادیر مختلف کود سولفات روی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۸).

بین هر سه سطح کاربرد سولفات روی نسبت به سطح عدم کاربرد سولفات روی عملکرد دانه را افزایش دادند و اختلاف هر سه سطح با شاهد معنی‌دار بود. در مطالعه‌ای مشابه روی گیاه گوار مشخص شد که کاربرد سولفات روی نسبت به تیمار عدم کاربرد سولفات روی میزان عملکرد دانه گیاه گوار را افزایش داد (Sunil et al., 2017). عنصر روی دارای نقش مهمی در بیوسنتز ایندول استیک اسید بوده و این هورمون نیز مسئول انگیزش پرایموردیاها به‌عنوان اندام‌های تشکیل‌دهنده قسمت‌های زایشی گیاه بوده و همچنین این هورمون تسهیم مواد فتوسنتزی و اختصاص آن‌ها به قسمت‌های زایشی را بر عهده داشته و در نتیجه آن، منجر به افزایش عملکرد نهایی گیاه می‌گردد (Ram & Katiyar, 2013).



شکل ۷- میانگین عملکرد دانه گوار تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت

Fig. 7- The average yield of guar seed under the influence of different planting dates



شکل ۸- میانگین عملکرد دانه گوار تحت تأثیر مقادیر کاربرد سولفات روی

Fig. 8- The average yield in guar the influence of zinc sulfate application rates

همبستگی بین صفات

نتایج حاصل از تجزیه همبستگی بین صفات نشان داد که صفت تعداد غلاف در مترمربع با صفاتی از قبیل تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در مترمربع، عملکرد دانه، تعداد شاخه فرعی در بوته، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود، ولی همبستگی آن با سطح ویژه برگ منفی و غیر معنی‌دار بود (جدول ۸). همچنین بر طبق این نتایج مشخص شد که صفت تعداد دانه در غلاف با صفات تعداد دانه در مترمربع، عملکرد دانه، تعداد شاخه فرعی در بوته، ارتفاع بوته،

وزن خشک برگ و شاخص سطح برگ دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود، ولی همبستگی آن با سطح ویژه برگ منفی و معنی‌دار بود (جدول ۸). نتایج حاصل از تجزیه همبستگی بین صفات نشان داد که صفت تعداد شاخه فرعی در بوته با صفات ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود، ولی همبستگی آن با سطح ویژه برگ منفی و معنی‌دار بود. ارتفاع بوته نیز با شاخص سطح برگ دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود، ولی همبستگی آن با سطح ویژه برگ منفی و معنی‌دار بود. صفت تعداد برگ در بوته نیز با صفات وزن خشک برگ و شاخص سطح برگ دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود، ولی همبستگی آن با سطح ویژه برگ منفی و معنی‌دار بود (جدول ۸). وزن خشک برگ در بوته نیز با صفت شاخص سطح برگ دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود، ولی همبستگی آن با سطح ویژه برگ منفی و معنی‌دار بود. صفت شاخص سطح برگ نیز با صفت سطح ویژه برگ همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. ارتباط بین صفات مختلف بیانگر تأثیرپذیری صفات بر هم بوده و در این مطالعه نیز همبستگی مثبت بین اجزای عملکرد دانه از قبیل تعداد غلاف و دانه در مترمربع بر عملکرد دانه بیانگر این مطلب است که افزایش هرکدام از این اجزای عملکرد می‌تواند بر عملکرد دانه اثر مثبت گذاشته و منجر به افزایش عملکرد دانه گردد. در این مطالعه نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفات اجزای عملکرد دانه با عملکرد دانه نشان می‌دهد که افزایش یا کاهش هرکدام از اجزای عملکرد دانه منجر به افزایش یا کاهش معنی‌دار عملکرد دانه می‌گردد. وجود همبستگی مثبت بین اجزای عملکرد دانه و همچنین خصوصیات برگی گیاه گوار با عملکرد دانه بیانگر این مطلب است که تأخیر در کاشت گیاه گوار تا ۱۰ خرداد و همچنین کاربرد عنصر سولفات روی که منجر به افزایش اجزای عملکرد و همچنین خصوصیات برگی گیاه گوار می‌گردد، افزایش عملکرد دانه را در پی خواهد داشت. محققان وجود همبستگی مثبت بین اجزای عملکرد دانه با عملکرد دانه را گزارش نموده (Ahmadi Nouraldinvand, 2020) و عنوان داشتند که تیمارهای آزمایشی که منجر به افزایش اجزای عملکرد دانه گوار گردد، عملکرد دانه را نیز افزایش می‌دهند. همبستگی مثبت بین عملکرد دانه با شاخص سطح برگ نیز بیانگر اثر مثبت تأخیر در کاشت و کاربرد سولفات روی بر افزایش سطح برگ و در نتیجه، افزایش عملکرد دانه است، زیرا افزایش سطح برگ با افزایش میزان سطح فتوسنتزکننده گیاه و در نتیجه، افزایش سنتز مواد فتوسنتزی همراه است که با افزایش انتقال آن‌ها به اندام‌های زایشی، عملکرد دانه را در پی خواهد داشت.

جدول ۸- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در گیاه گوار تحت تأثیر تیمارهای تاریخ کاشت و سولفات روی

Table 8- Correlation between measured traits in guar plant under the influence of planting date and zinc sulfate treatments

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
تعداد غلاف در مترمربع Number of pods per m^2	1								
تعداد دانه در غلاف Number of seeds in a pod	0.75**	1							
تعداد دانه در مترمربع Number of seeds per m^2	0.92**	0.91**	1						
عملکرد دانه Seed yield	0.77**	0.83**	0.86**	1					
تعداد شاخه فرعی در بوته Number of sub-branches per plant	0.68**	0.85**	0.8**	0.82**	1				
ارتفاع بوته Plant height	0.55**	0.64**	0.56**	0.65**	0.79**	1			
وزن خشک برگ در بوته Dry weight of leaves per plant	0.75**	0.78**	0.83**	0.73**	0.89**	0.77**	1		
شاخص سطح برگ Leaf area index	0.73**	0.64**	0.81**	0.68**	0.78**	0.68**	0.86**	1	
سطح ویژه برگ Specific surface area	-0.19	-0.41*	-0.23	-0.3	-0.42*	-0.36*	-0.52**	-0.06	1

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

* and **: significant at the 5% and 1% level, respectively

نتیجه‌گیری

تاریخ کاشت و کاربرد مواد مغذی از قبیل سولفات روی دارای تأثیر مثبتی در تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد دانه در گیاه گوار دارند. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش مشخص گردید که تأخیر در تاریخ کاشت گیاه گوار تا ۱۰ خرداد سبب شد که خصوصیات رشدی گیاه مانند ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته و همچنین عملکرد دانه از قبیل تعداد غلاف در مترمربع و تعداد دانه در مترمربع افزایش یافته و در نهایت، منجر به افزایش عملکرد دانه شد، به‌طوری‌که بالاترین میزان عملکرد در این تاریخ کاشت به‌میزان ۳۸۸۹/۷ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید. همچنین کاربرد سولفات روی در همه سطوح سبب شد که عملکرد و اجزای عملکرد دانه نسبت به شاهد افزایش یابد و بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به‌دست آمد. تأخیر در کاشت و افزایش میزان کاربرد سولفات روی سبب شد، شاخص سطح برگ افزایش یابد، به‌طوری‌که بالاترین شاخص سطح برگ (۶/۰۲) در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد و با کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی (۵/۴۳) به‌دست آمد. با تأخیر در کاشت و کاربرد کود سولفات روی که منجر به افزایش اجزای عملکرد دانه در گیاه گوار شد، میزان عملکرد دانه نیز افزایش یافت. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان عنوان داشت که جهت رسیدن به حداکثر میزان عملکرد دانه در گیاه گوار در منطقه خرم آباد، می‌توان این گیاه را در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد کشت نمود. همچنین با توجه به اینکه در بین سطوح مختلف کاربرد سولفات روی از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، جهت رسیدن به بالاترین میزان عملکرد دانه با کمترین میزان هزینه می‌توان از کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی بهره برد.

سپاسگزاری

با سپاس از مرکز تحقیقات کشاورزی مرکز خرم آباد که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند.

References

Ahmadi Nouraldinvand, F., Moradi Telavat, M R., Siadat, S. A., & Moshattati, A. (2020). The reaction of vegetative and reproductive growth of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to humic acid application with irrigation water in different planting densities. *Iranian Journal Pulses Research, 10*(2), 104-118. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v10i2.69397

Amanullah, M. J. H., Khalid, N., & Asad, A. (2007). Response of specific leaf area (SLA), leaf area index (LAI) and Leaf Area Ratio (LAR) of maize (*Zea mays L*.) to plant density, rate and timing of nitrogen application. *World Applied Sciences, 2*(3), 235-243.

Anuradha, R. K., Singh. Pareek, B., Kumar, D., Meena, M., & Dubey, S.K. (2017). Different levels of fertilizers on growth and yield of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in rainfed area of Uttar Pradesh. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*(4), 2029-2036. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.240

Bremner, J. M., Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., & Sumner, M. E. (1996). Nitrogen-total. Methods of soil analysis. *Part 3 Chemical Methods*, *5*, 1085-1121. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c37

Chamani, F., Tohidinejad, A., & Maheji, M. (2017). Effect of drought stress and salicylic acid on some morphophysiological and agronomic traits of guar plant (*Cyamopsis tetragonoloba L*.). *Crop Physiology, 10*(4), 18-5. (In Persian with English abstract)

Choudhary, M. (2006). Response of cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub] to sulphur and zinc fertilization. M.Sc. (Ag.) Thesis, Rajasthan Agricultural University, Bikaner.

Dadgar, M., Rastegar, S., & Piry, H. (2021). Effect of different irrigation intervals on some morphophysiological characteristics of different genotypes of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*). *Iranian Journal Pulses Research, 12*(1), 156-170. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v12i1.83229

Garcia, A., Grover, K., VanLeeuwen, D., Stringam, B., & Schutte, B. (2023). Growth and performance of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) genotypes under various irrigation regimes with and without biogenic silica amendment in Arid Southwest US. *Plants, 12*(13), 2486. https://doi.org/10.3390/plants12132486

Gendy, A. S., Said-Al Ahl, H. A., Mahmoud, A. A., & Mohamed, H. F. (2013). Effect of nitrogen sources, bio-fertilizers and their interaction on the growth, seed yield and chemical composition of guar plants. *Life Science Journal*, *10*(3), 389-402.

Ghadirnezhad Shiade, S. R., Fathi, A., Taghavi Ghasemkheili, F., Amiri, E., & Pessarakli, M. (2023). Plants' responses under drought stress conditions: Effects of strategic management approaches—A review. *Journal of Plant Nutrition*, *46*(9), 2198-2230. https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2105720

Heydarzade, M., Ehteshami, S. M. R., & Rabiee, M. (2020). Effect of planting date and plant density on qualitative characteristics, yield and yield components of guar (*Cyamopsis tetragonoloba L.*) Taub. in Guilan province. *Plant Process and Function*, *9*(39), 197-214. (In Persian with English abstract)

Heydarzade, M., Ehteshami, S. M., & Rabiee, M. (2022). Evaluation of the effect of planting date and plant density of maternal plant on the quality and germination characteristics of guar seed (*Cyamopsis tetragonoloba*) in Guilan province. *Iranian Journal of Seed Research*, *9*(1), 25-41. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.52547/yujs.9.1.25

Kalyani, D. L. (2012). Performance of cluster bean genotypes under varied time of sowing. *Legume Research-An International Journal*, *35*(2), 154-158.

Kamai, H., Isvand, H., Daneshvar, M., & Nazarian Firouzabadi, F. (2018). Investigating the effect of planting date, phosphate biofertilizer and zinc and boron foliar application on grain yield and some physiological traits of wheat. *Plant Process and Function, 8*(29), 59-73. (In Persian with English abstract)

Manivasagaperumal, S., Thiyagarajan, G., & Sekar, S. (2011). Effect of zinc on germination, seedling growth and biochemical content of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba L.*). *Current Botany, 2,* 11-15. (In Persian with English abstract)

Meftahizadeh, H., & Asareh, M. H. (2019). Comparison of native populations and commercial cultivars of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) for yield, yield components, and qualitative characteristics under different seasonal cultivation. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *35*(3), 456-470. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2019.124466.2454

Mehdipour Afra, M., AghaAlikhani, M., Mokhtassi-Bidgoli, A., & Soufizadeh, S. (2019). Effect of sowing time and plant density on growth and seed yield of two guar ecotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, *21*(2), 109-126. (In Persian with English abstract)

Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2014). Guar gum: processing, properties and food applications-A review. *Journal of Food Science and Technology*, *51*, 409-418. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0522-x

Ram, S., & Katiyar, T. P. S. (2013). Effect of sulphur and zinc on the seed yield and protein content of summer mungbean under arid climate. *International Journal of Science and Nature*, *4*(3), 563- 566

Shah, K. A., Gurjar, R., Parmar, H. C., & Sonani, V. V. (2016). Effect of sulphur and zinc fertilization on yield and quality of pigeon pea in sandy loam soil. *Green Farming*, *7*(2), 495-497.

Chogatapur, S. V., & Chandranath, H. T. (2017). Growth and development analysis of clusterbean (*Cyamopsis tetragonaloba L*) genotypes (gum) as influenced by plant density and bio-inoculants. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*(12), 2303-2308. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.612.265

Sudhir, S., Grover, K., Angadi, S., Schutte, B., Vanleeuwen, D., & Auld, D. (2015). Growth and seed yield performance of promising guar genotypes under different planting dates in desert southwest. 27th Annual Meeting Association for the Advancement of Industrial Crops. October 18-22.

Sunil, S. D., Bhattoo, M. S., & Khedwal, R. S. (2017). Effect of zinc and sulphur on growth, yield and economics of clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, *6*(11), 3744-3751. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.438

Yadavi, A., Aboueshaghi, R. S., Dehnavi, M. M., & Balouchi, H. (2014). Effect of micronutrients foliar application on grain qualitative characteristics and some physiological traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, *4*, 124-131.

Yashona, D. S., Mishra, U. S., & Aher, S. B. (2018). Response of pulse crops to sole and combined mode of zinc application: A review. *Journal of Soils and Crops*, *28*(2), 249-258.